

Janusz Rosikowski
Kopalnia Węgla Kamiennego „Piaś”, Bieruń

PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY WYPOSAŻONY W NAPĘDY CST-30 PRACUJĄCY W KWK „PIAŚ”

ARMOURED FACE CONVEYOR WITH CST-30 DRIVE, INSTALLED IN “PIAŚ” COAL MINE

Abstract: The article describe start of the AFC drive system with silicon controlled rectifier CST-30. The CST can realize both – soft and hard start all of AFC motors without workload. For energetic system protection each of motor start is realized with time delay. Until the last started motor reaches nominal rotation speed, the CST drive system is supplied with pressure medium. The pressure is increased until torque can exceed AFC drag.

1. Przenośnik zgrzeblowy w ścianie 719 i jego infrastruktura

Przenośnik zgrzeblowy z napędami CST - 30 firmy DBT zainstalowany jest w ścianie 719. Dane tej ściany prezentuje tabela 1.

Tabela 1.

Ściana 719. Dane ogólne ściany węglowej

Kopalnia	KWK „Piaś”
Ściana /Pokład/Oddział	719/209/G IV
Poziom [m]	650
Wytrzymałość skał na ściskanie [MPa]	24.5
- skał stropowych	35.0
- pokładu	35.0
- skał spagowych	
Typ węgla	31
Dopływ wody [m ³ /min]	2.5
System eksploatacji	Ścianowy podłużny z zawałem stropu
Długość [m] (w czasie badań)	200
Wysokość [m]	2.9-3.05
Nachylenie podłużne [°](odstawa w górę)	+3.8
Wybieg [m]	1100
Obudowa zmechanizowana	Fazos 15/31 OzM4
Liczba sekcji	132
Data pomiaru	25.012000

Urobek ze ściany 719 odstawiany jest przy pomocy przenośnika ścianowego typu Halbacht-Braun 4HB-250, wyposażonego w napędy o sztucznej inteligencji CST- 30 na przenośnik podścianowy typu Grot-255/842/160, następnie przenośnikami taśmowymi typu Gwarek 1200, zabudowanymi w chodniku wzdłuż uskoku Zachodniego 1176, dalej przenośnikiem typu VP250, zabudowanym w pochylni odstawczej 1053 na odstawę główną z zachodu poz.500, następnie odstawą główną poziom 500 do szybu II.

Tabela 2.

Ściana 719. Dane techniczne kombajnu

Typ kombajnu	KGS-750/RW/2D
Zainstalowana moc [kW]	2x300
- do napędów organów urabiających	
typ silnika głowicy	dWa60SM/1-4EN
- do napędu posuwu	150
- do napędu kruszarki	85
Masa kombajnu [t]	52.2
Maksymalna prędkość robocza [m/min]	8.5
Maksymalna prędkość manewrowa [m/min]	17.0
Siła uciągu dla prędkości roboczej [kN]	2x330
System napędu posuwu	DYNATRAC
Średnica organów urabiających Krummenauerer [mm]	2000
Prędkość obrotowa organu urabiającego [m ⁻¹]	24.5
Zabiór [m]	750
Maksymalny kąt nachylenia podłużnego pokładu [°]	Do 35
Maksymalny kąt nachylenia Poprzecznego pokładu [°]	Do 10
Wymiary [mm]	
- maksymalna wysokość urabiania	4500
- długość kombajnu między osiami organów	31135
- wysokość kombajnu	2050
Ładowarki	Ostonowe, hydrauliczne
Napięcie zasilania [V]	1000

Przenośniki taśmowe Gwarek-1200, zabudowane w chodniku wzdłuż uskoku Zachodniego 1176, są systematycznie skracane w miarę postępu ściany i przesuwania przenośnika podścianowego Grot-255/842/160. W tabeli 2 przedstawiono dane techniczne kombajnu, a w tabeli 3 dane techniczne badanego przenośnika zgrzeblowego.

Tabela 3.
Ściana 719. Dane techniczne ścianowego przenośnika zgrzeblowego

Typ przenośnika	DBT 4HB 260
Moc napędów [kW]	2x315
Typ silnika	SGS 400S-12/4
Rodzaj wysypu	Boczny
Napęd zwrotny	Najazdowy
Liczba zębów gwiazdy napędowej	6
Łańcuch zgrzeblowy [mm]	Kompaktowy ø42x151/46x123 pojedynczy
Prędkość łańcucha [m/s]	1.23
Masa jednostkowa łańcucha ze zgrzeblami [kg/m]	80.6
Napęd główny CST 30	System napędowy P
Napęd zwrotny CST 30	System napędowy KP
Długość przenośnika [m]	200
Rywna [mm]	
- wysokość	309
- szerokość	846
- długość	1500
- grubość blachy ślizgowej	35
- grubość blachy spągowej	25
- wytrzymałość łącznika [kN]	2500
- elementy mocujące łańcuch posuwu Dynatrac	ø34/45
Powierzchnia bazowa przyzmy urobku [m ²]	0.285
Wydajność przenośnika [t/h]	1250

W tabeli 4 przedstawione zostały parametry techniczne napędu CST 30.

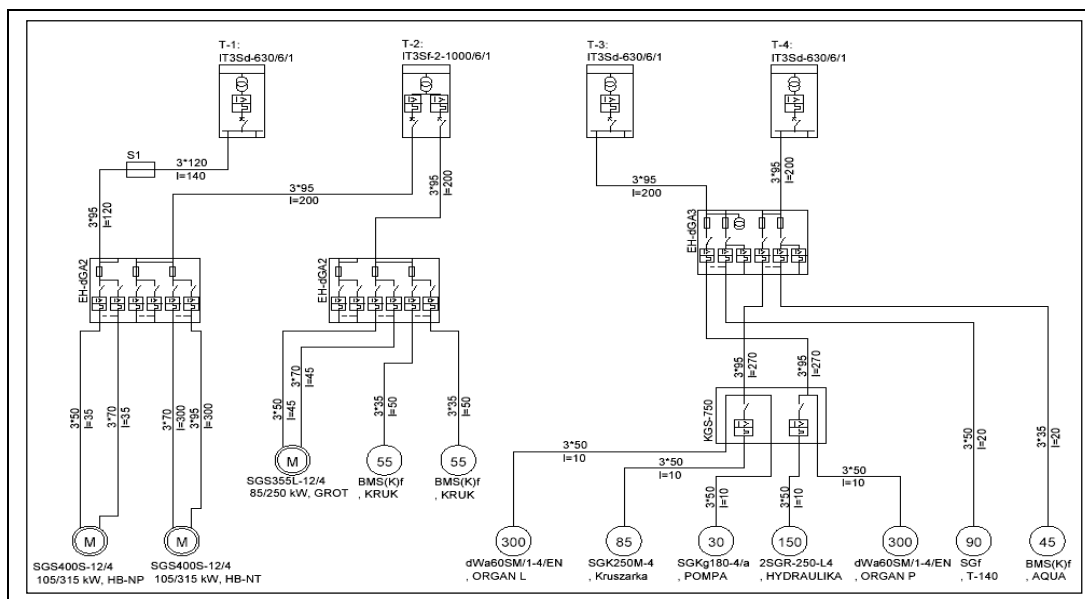
2. Aparatura zasilająco – sterująca

Urządzenia ściany 719 zasilano z jednej stacji transformatorowej typu IT3Sf-2-1000/6/1 oraz z trzech stacji transformatorowych typu IT3Sb-630/6/1, co pokazano na rys 1. Powyższe stacje

zasilano z zestawów rozdzielczych 6 kV ZR-7 i ZR-10.

Tabela 4.
Ściana 719. Parametry techniczne napędu CST -30

Typ napędu	DBT CST 30 Controlled Start Transmission
Chwilowy dopuszczalny moment obrotowy wyjściowy [Nm]	300000
Maksymalna prędkość obrotowa wejściowa dla 50 Hz [min ⁻¹]	1500
Możliwa moc zainstalowana przy i=33:1 [kW]	500
Przekładnia zębata	
System napędowy P	dwustopniowa, planetarna
- przełożenie	
- napelnienie olejem [cm ³]	33.382
- moment bezwładności [kgm ²]	250
- masa [kg]	250
System napędowy KP	3900
- przełożenie	czterostopniowa, stożkowo- planetarna
- napelnienie olejem [cm ³]	33.382
- moment bezwładności [kgm ²]	500
- masa [kg]	2230
	6200
Wymiary przekładni [mm]	
- wysokość P/KP	900/900
- długość bez kołpaka P/KP	1400/2280
- szerokość P/KP	960/1180
Sprzęgło na wale wyjściowym	wielowpustowe, mokre z regulowanym dociskiem płytek
Sterowanie napędem	komputer napędowy PROTEC 300 ze specjalnie opracowanym hardwarem i softwarem



Rys.1. Wyposażenie elektryczne kompleksu ścianowego dla ściany 719

Do zasilania kombajnu, którego dane techniczne zamieszczono w tabeli 2, przenośnika ścianowego, podścianowego i kruszarki zastosowano stacje kompaktowe typu EH-dG A3, EH-dG A2 produkcji Elgór + Hansen. Pozostałe wyłączniki do załączania silników na napięcie 1 kV, 0.5 kV - to typowe kopalniane wyłączniki ognioszczelne typu OW, OWD, OWS, OWSD, KWSOI firmy Aparator, dopuszczone do stosowania w podziemiach kopalń. Sterowanie kombajnu odbywało się za pomocą przycisków w bloku aparatury typu BAE-9 lub zdalnie za pomocą radia. Sterowanie przenośnika ścianowego odbywało się za pomocą pulpitu sterowniczego typu EHS-2, zabudowanego na napędzie poprzez programowany układ sterowania typu mFK, zamontowany przy stacji kompaktowej EH-dG A2.

Tabela 5.
Ściana 719. Parametry techniczne indukcyjnego silnika firmy Damel

Typ silnika	SGS 400S-12/4
Moc znamionowa P_N [kW]	315
Napięcie zasilania U_N [V]	1000
Prąd znamionowy I_N [A]	212
Współczynnik mocy $\cos \varphi$	0.9
Sprawność η_N [%]	95.2
Prędkość obrotowa n [V]	1483
Moment znamionowy M_N [Nm]	2032
Krotność prądu rozruchowego I_k/I_N	6.0
Krotność momentu rozruchowego M_k/M_N	2.1
Krotność momentu krytycznego M_{kr}/M_N	2.2
Moment bezwładności J_M [kgm ²]	16
Masa silnika [kg]	2760
Cecha budowy przeciwwybuchowej i dopuszczenie KDB	Exdi I KDB nr 94370 W
Forma wykonania	kołnierżowa IM 3001
Przepływ wody chłodzącej[dm ³ /min]	15

Sterowanie przenośnika podścianowego odbywało się za pomocą pulpitu sterowniczego typu EHS-2, zabudowanego na napędzie poprzez programowany układ sterowania typu mFK, znajdujący się przy stacji kompaktowej EH-dG A2. Uruchomienie przenośników taśmowych sygnalizowane jest przy pomocy zespołów porozumiewawczo – ostrzegawczych GTL – 5 lub GTLi. System napędowy CST ma budowę modułową i składa się z dwóch połączonych ze sobą części kadłuba. W części wyjściowej kadłuba napędu znajduje się przekładnia zintegrowana ze sprzęgłem CST, osadzonym na wale wyjściowym. Jest to sprzęgło wielopłytkowe mokre, ze specjalnymi wykładzinami na płytkach. Od strony silnika znajduje się jednostka zasilająca układy hydrauliczne. W prze-

kładniach kątowych typu K znajdują się jeszcze dwa stopnie kół zębatych. Sterowanie hydrauliczne zasilane jest przez pompę wysokociśnieniową o wydajności 90 l/min. Serwozawór reguluje przy tym każdorazowo aktualne ciśnienie w sprzęgle, które dociska do siebie z mniejszą lub większą siłą płytki sprzęgła. Przekazywanie mocy odbywa się przy bardzo małym zużyciu płytek. Pompa oleju chłodzącego zapewnia przepływ stałego strumienia oleju przez cały system napędowy w ilości 1000 l/min. System CST jest systemem zamkniętym, przy czym przewody zasilające wodą chłodzącą, wymiennik ciepła oraz kabel do komputera są jedynymi przyłączami zewnętrznymi. Szybki komputer napędu, pracujący w czasie rzeczywistym, steruje wszystkimi czynnościami w systemie napędowym CST przez zintegrowany serwozawór. Te komputery, potrzebne w każdym napędzie, połączone są ze sobą za pomocą kabla sterującego i mogą służyć do komunikacji z nadrzędnymi układami sterowania ścianą (na życzenie nawet z dyspozytornią na powierzchni). Dla bezpiecznego napinania łańcucha zgrzeblowego stosowane jest sprawdzone urządzenie napinające, które sprzęgnięte jest z kołem zębatym, osadzonym na wale szybkoobrotowym przekładni. Całość połączona jest sterownikiem programowalnym typu PROTEC 300 (rys. 2) przy pomocy czterożyłowego przewodu. Takie sterowanie potrzebne jest dla każdego napędu. System PROTEC 300 został opracowany przez firmę DBT dla monitorowania i sterowania napędów. System ten rejestruje, monitoruje i przetwarza między innymi sygnały pomiarowe dla: ciśnienia oleju, temperatury oleju, poziomu napełnienia olejem, prędkości obrotowej wału wejściowego i wyjściowego. Przy pomocy tych zamierzonych wartości można programować charakterystykę rozbiegową, która może być regulowana przy pomocy poślizgu płytek sprzęgła. Wał wyjściowy wyposażony jest w wymienne uzębienie. Silnik asynchroniczny i przekładnia łączone są przy pomocy elastycznego sprzęgła osadzonego na wale. Przy pomocy komputera PROTEC, poprzez zmienną siłę docisku płytek sprzęgła, sterowany jest moment obrotowy przenoszony przez sprzęgło, przy czym przenoszenie mocy odbywa się praktycznie bez tarcia. Stosowany jest olej mineralny o nazwie handlowej Mobilfluid 424, który posiada dopuszczenie do stosowania w górnictwie węgla kamiennego. Silnik

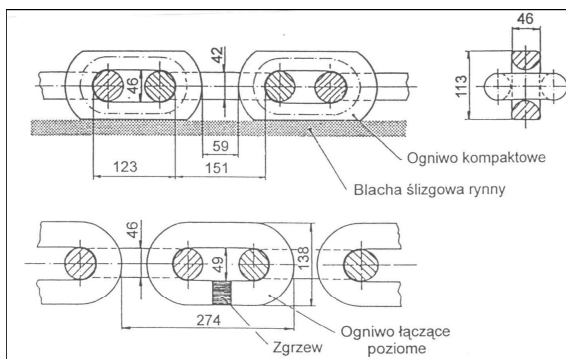
asynchroniczny uruchamiany jest bez obciążenia. Koło środkowe zazębia się z kołami planetarnymi, które napędzają koło o uzębieniu wewnętrznym z umocowanymi na nim ruchomymi płytkami sprzęgła. Po dociśnięciu do siebie ruchomych i nieruchomych płytek sprzęgła przez siłownik w sposób sterowany komputerem, moment obrotowy przenoszony jest na wał wyjściowy, połączony z jarzmem planetarnym i wał wyjściowy zaczyna się obracać.



Rys.2. Komputer napędowy PROTEC 300

3. Analiza wyników badań procesu rozruchu ścianowego przenośnika zgrzeblowego z napędami o sztucznej inteligencji

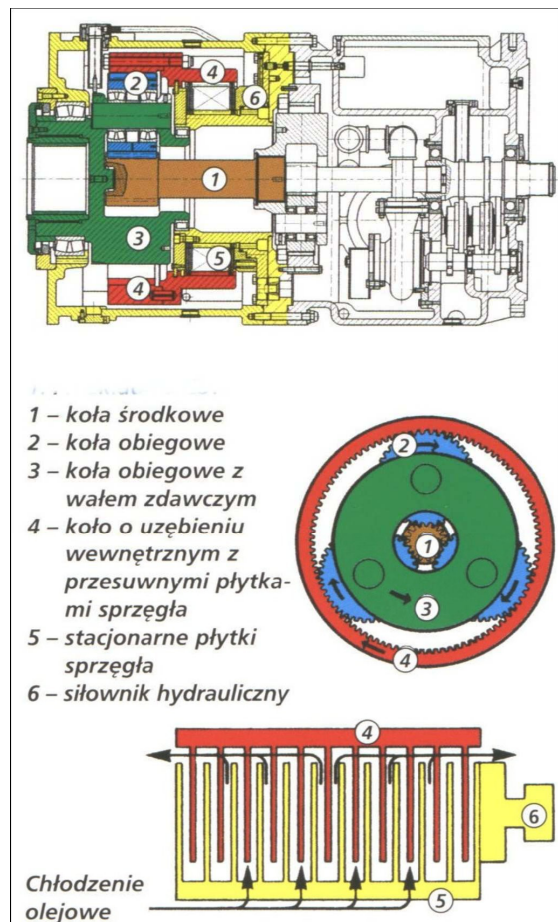
Przedmiotowe badania przeprowadzono w ścianie 719 w KWK „Piaś”. Badanym układem jest ścianowy przenośnik zgrzeblowy typu 4 HB 260, wyposażony w pojedynczy łańcuch zgrzeblowy kompaktowy $\varnothing 42/46$ o podwójnej podziałce 123/151, rys.3.



Rys.3. Ogniwo łańcucha kompaktowy

Wytrzymałość na zerwanie tego łańcucha wynosiła 2200 kN. Masa łańcucha ze zgrzeblami wynosiła 80,67 kg/m. Przenośnik jest wyposażony w dwa napędy: wysypowy i zwrotny, o sztucznej inteligencji typu CST 30 firmy DBT. Przełożenie przekładni wynosiło $i=33,382$. Gwiazdy napędowe są sześciozębne o średnicy podziałowej 0,532 m. Prędkość łańcucha wynosiła $v=1,23$ m/s (zmierzona). System posuwu kombajnu jest typu DYNATRAC, z łańcuchem

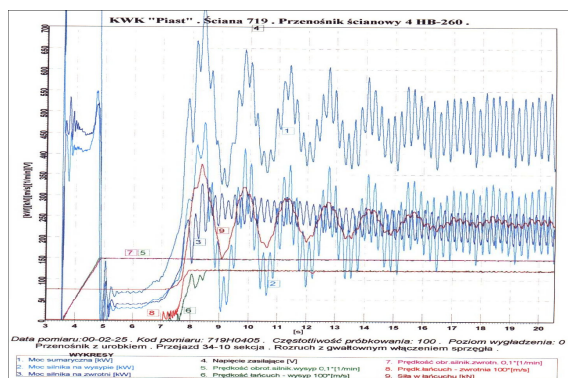
$\varnothing 34/45$ mm. Zastosowano system napędowy CST 30, wyposażony w silnik napędowy asynchroniczny typu SGS 400S-12/4 o mocy 315 kW (jest to silnik dwubiegowy z wyłączonym pierwszym biegiem). W przenośniku zgrzeblowym 4 HB 260 zainstalowano dwa systemy napędowe o sztucznej inteligencji CST 30 zdolne do przenoszenia mocy do 500 kW. System CST 30 składa się z czterech zespołów: przekładni planetarnej, sprzęgła CST 30, wbudowanego w przekładnię na stopniu zdawczym, jednostki zasilającej, zawierającej dwa układy hydrauliczne i elementy elektroniczne sterowania oraz z komputera sterującego PROTEC 300. Systemy napędowe CST 30 mają budowę modułową, która składa się z dwóch połączonych ze sobą na stałe części obudowy kadłuba.



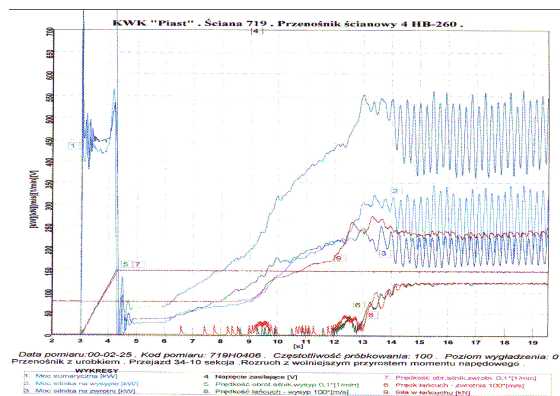
Rys.4. Przekładnia CST-30

W części znajdującej się po stronie silnika, zwanej blokiem zasilającym, zainstalowane są następujące podstawowe zespoły: pompa chłodząca oleju, pompa wysokiego ciśnienia oleju, wymiennik ciepła oleju ze zbiornikiem wody bieżącej, zbiornik oleju; sterowanie hydrauliczne, filtr dokładny serwowaworu z płynną re-

gulacją; czujniki ciśnienia oleju, temperatury i poziomu oleju, prędkości obrotowej wejściowej – prędkość ta jest porównywana z prędkością mierzoną przez czujnik prędkości zdawczej (usytuowany na wyjściu z przekładni) w celu określenia poślizgu; elektroniczna wstępna obróbka wartości mierzonych oraz sterownik napędowy PROTEC 300. Należy zauważyć, że przekładnie CST 30 i CST 45, wykonywane przez firmę Eickhoff oraz firmę Dodge Reliance (USA), ze względu na warunki termiczne mają charakterystyki przenoszenia mocy w funkcji przełożenia gorsze od normalnych przekładni planetarnych tej samej wielkości (30 i 45).

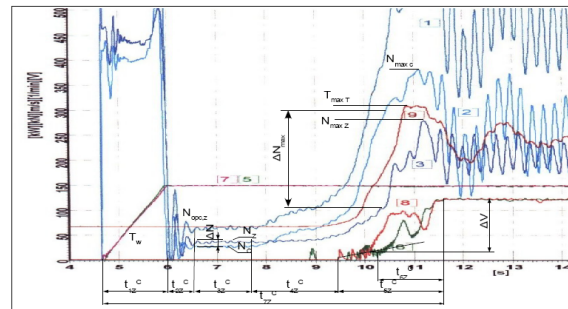


Rys.5. Przenośnik z urobkiem. Rozruch z gwałtownym włączeniem sprzęgła



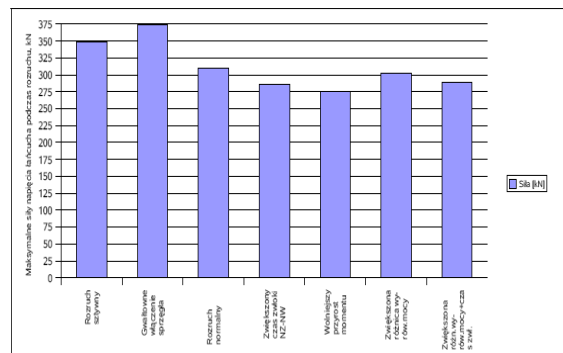
Rys.6. Przenośnik z urobkiem. Rozruch z wolniejszym przyrostem momentu napędowego

Wyniki szczegółowej analizy sił napięcia kompaktowego łańcucha zgrzeblowego dla rozruchów przonośnika zgrzeblowego obciążonego urobkiem przy różnych nastawach pracy napędów systemu CST 30 zestawiono zbiorczo na rys. 8 oraz w tabeli 6, umieszczonej pod rysunkiem.



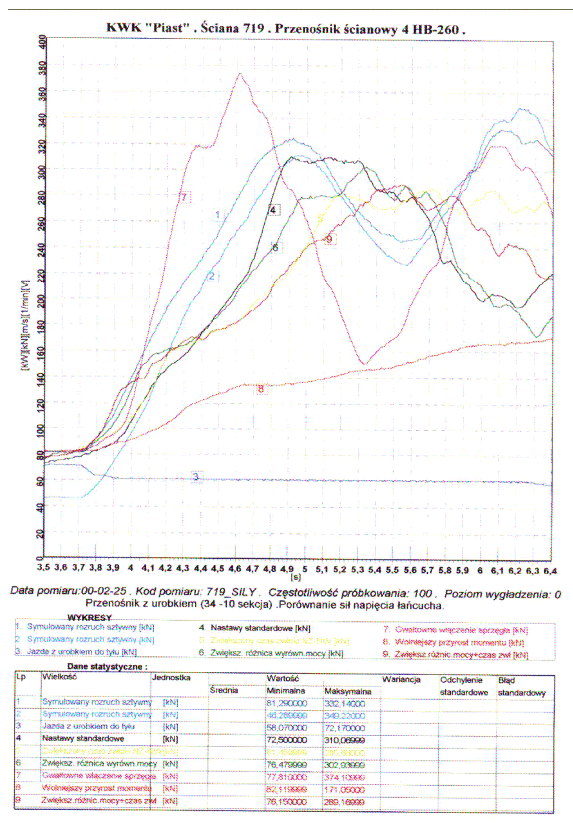
Rys.7. Wycinek oscylogramu rozruchu przonośnika zgrzeblowego (seria 0404; przonośnika obciążony urobkiem; nastawa standardowa), na którym zaznaczono charakterystyczne czasy, moce czynne i prędkości wykorzystane w analizie rozruchów: 1 – moc sumaryczna; 2,3 – moc silników na wysypie i zwrotni; 5,7 – prędkość obrotowa silników na wysypie i zwrotni; 6,8 – prędkość liniowa łańcucha na wysypie i zwrotni; 9 – siła w łańcuchu

Maksymalne siły napięcia łańcucha występujące podczas tych rozruchów zobrazowano wykresem słupkowym, rys.8.



Rys.8. Zestawienie graficzne maksymalnych sił w łańcuchu rejestrowanych podczas rozruchu przonośnika

Natomiast w tabeli 6 zestawiono minimalne i maksymalne siły napięcia łańcucha występujące podczas rozruchu przonośnika próżnego i obciążonego urobkiem dla różnych rodzajów rozruchu. W tej tablicy zestawiono także krotności $T_{max r} / T_{sr u}$, które wykazują dobroć tego systemu napędu, gdyż poza gwałtownym załączeniem sprzęgła CST w pozostałych przypadkach wartość tej krotności dla przonośnika z urobkiem oscyluje wokół 1,2÷1,3.



Rys.9. Przenośnik z urobkiem. Porównanie sił napięcia łańcucha

Wnioski

Zaletą i korzyścią układu CST-30 jest to, że:

- rozruch silników odbywa się bez obciążenia,
- spadki napięć w sieci elektroenergetycznej są minimalne,
- zrealizowany jest łagodny rozruch przenośnika,
- minimalne obciążenia mechaniczne wszystkich podzespołów napędu podczas rozruchu przenośnika,
- zsynchronizowany rozruch i wykorzystanie energii kinetycznej napędu,
- przy rozruchu przeładowanych przenośników ścianowych jest do dyspozycji maksymalny łączny moment obrotowy wszystkich napędów.

Tabela 6. Siły napięcia łańcucha kompaktowego przenośnika zgrzeblowego 4 HB 260 próżnego i załadowanego urobkiem podczas rozruchu i ruchu ustalonego przy różnych nastawach systemu CST 30

Rodzaj rozruchu	Numer oscylogramu p-próżny z-załadowany	Siły napięcia łańcucha, kN			Krotność maksymalnej siły napięcia łańcucha podczas rozruchu do siły średniej w ruchu ustalonym
		W czasie rozruchu		W ruchu ustalonym	
		Minimalna	Maksymalna		
Nastawy standardowe	301 P	29,2	86,9	60,1	1,44
	404 Z	72,5	310,1	230,7	1,34
Zwiększony czas zwłoki Nz - Nc	302 P	33,5	79,8	60,5	1,32
	403 Z	81,5	285,7	232,7	1,23
Gwałtowne włączenie sprzęgła	304 P	8,8	122,3	68,3	1,79
	405 Z	77,8	374,1	238,6	1,57
Wolniejszy przyrost momentu	305 P	76,5	117,1	68,8	1,70
	406 Z	82,1	274,7	231,7	1,18
Symulowany rozruch sztywne	306 P	48,5	80,0	62,3	1,28
	402 Z	46,3	349,2	248,4	1,41
Zwiększona różnica wyrównania mocy	307 P	57,5	89,7	68,6	1,31
	407 Z	76,5	303,0	225,3	1,34
Zwiększona różnica wyrównania mocy i czas zwłoki	308 P	32,8	85,8	68,2	1,26
	408 Z	76,2	289,2	220,3	1,31

Literatura

[1]. Antoniak J.: Własności i badania przemysłowe ścianowego przenośnika zgrzeblowego z napędami CST 30 o sztucznej inteligencji. Problemy Maszyn Roboczych. Radom, z. 16/2000, s. 61÷71.

[2]. Mielniczuk L., Rosikowski J., Antoniak J., Lutyński A.: Development and investigations of Technology involved in Highly Productive Longwall

Faces at the Piast Coal Mine with Regard to CST intelligent Drive System. Inter. Kolloquium High-Performance Longwall operations. RWTH Aachen 13 und 14 JUNI 2000, p. 547-559.

[3]. Paschedag U.: The Intelligent WB/CST Drive System for High- Performance Face Conveyors. Intern. Kolloquium High-Performance Longwall Extraction. RWTH Aachen 21 und 22 Mai 1997, p. 219÷279.